



Національний університет  
водного господарства та  
природокористування

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний університет водного господарства та**  
**природокористування**  
**Навчально-науковий інститут будівництва і архітектури**  
**Кафедра промислового, цивільного будівництва**  
**та інженерних споруд**

**«З А Т В Е Р Д Ж У Ю»**

Проректор з науково-педагогічної,  
методичної та виховної роботи

**О.А. Лагоднюк**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.



**03-01-84**

Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**

**Program of the Discipline**

**«Нелінійне комп'ютерне моделювання в будівництві»**

**«Nonlinear computer simulation in construction»**

**за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна**  
**інженерія»**

***specialty 192 «Building and Civil Engineering »***

**освітньо-професійна програма**

**«Промислове і цивільне будівництво»**

**educationally-professional program**

**"Industrial and civil construction"**

**PIBHE – 2019**



Робоча програма навчальної дисципліни **«Нелінійне комп'ютерне моделювання в будівництві»** для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня підготовки за освітньо-професійною програмою «Промислове і цивільне будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Рівне: НУВГП, 2019. – 11 с.

**Розробник** – Григорчук А.Б., к. т. н. доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд  
« 12 » березня 2019 р., протокол № 7.

Завідувач кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд \_\_\_\_\_ Є. М. Бабич

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р., протокол № \_\_\_\_\_.

Голова науково-методичної комісії

Є. М. Бабич



## Вступ

Програма навчальної дисципліни **«Нелінійне комп'ютерне моделювання в будівництві»** складена відповідно до ОПП «Промислове та цивільне будівництво» підготовки магістрів і охоплює всі змістові модулі з кількістю академічних годин / кредитів, передбачених навчальним планом.

Відповідно до закону України «Про вищу освіту» другий (магістерський) рівень вищої освіти передбачає здобуття поглиблених теоретичних та практичних знань і умінь за обраною спеціальністю, загальних засад методології наукової та практичної діяльності, інших компетенцій, достатніх для ефективного виконання завдань інноваційного характеру. Дана дисципліна призначена для вивчення ведення наукових досліджень пов'язаних із моделюванням життєвого циклу та поведінки будівельних конструкцій, та будівель за різних впливів.

**Предметом вивчення дисципліни** є методи аналізу нелінійних впливів на будівлі, конструкції та матеріали, нелінійна поведінка матеріалів у конструкціях з врахуванням їх реологічних властивостей, методи моделювання та поведінки конструкцій при критичних станах, а також вивчення методів поетапності навантаження та зведення.

## Анотація

Робоча програма передбачає вивчення низки тем, освоєння яких дасть можливість фахівцям супроводжувати практичну та наукову діяльність рішеннями дослідницького характеру або, отримувати нову інформацію про поведінку будівель та конструкцій за різних впливів. Освоєння методів нелінійного комп'ютерного моделювання дасть можливість випускникам продовжувати успішне навчання в аспірантурі або присвятити свою майбутню діяльність науковим дослідженням.

Програма передбачає теоретичне вивчення п'яти тем, практичні заняття та виконання індивідуального завдання.

В першій темі висвітлюються основи об'ємного моделювання та визначення рівнів нелінійності при складанні розрахункових схем. Додатково розглядаються варіанти дискретизації та деталізації складових частин розрахункових елементів.

В другій темі розглядаються типи кінцевих елементів для моделювання в спрощеній та деталізованій постановці розрахункової задачі, а також розглядаються закони нелінійного деформування на основі дійсних реологічних властивостей матеріалів.

В третій та четвертій темах висвітлено питання фізично та геометрично нелінійного моделювання, методи врахування характеристик матеріалів, а також оцінка отриманих результатів. В п'ятій темі розглядається моделювання життєвого циклу починаючи від зведення закінчуючи експлуатацією та змінністю в часі.



Також в програмі наведені теми практичних занять та деякі питання виконання індивідуального завдання.

**Ключові слова:** моделювання, кінцевий елемент, нелінійність, навантаження, схема.

### **Abstract**

The program of work involves the study of a number of topics, the development of which will enable professionals to accompany practical and scientific activities of a research nature or to receive new information on the behavior of buildings and structures for various influences. Mastering the methods of nonlinear computer simulation will enable graduates to continue successful postgraduate studies or devote their future activities to scientific research.

The program involves theoretical study of five topics, practical classes and the implementation of individual tasks.

In the first topic, the basics of volumetric modeling and determination of levels of nonlinearity in the compilation of calculation schemes are covered. Examples are options for sampling and detailing the components of the calculating elements.

In the second topic, we consider types of finite elements for simulation in a simplified and detailed formulation of the design problem, and also consider the laws of nonlinear deformation on the basis of actual rheological properties of materials.

The third and fourth topics cover the issues of physically and geometrically nonlinear modeling, methods for taking into account the characteristics of materials, as well as the evaluation of the results. In the fifth theme, modeling of the life cycle from the construction to the end of operation and the variability in time is considered.

Also in the program are the topics of practical classes and some issues of individual tasks.

**Key words:** simulation, finite element, nonlinearity, load, circuit



## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 3	Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»	Рік підготовки	
Модулів - 2		1 - й	1 - й
Змістових модулів - 2	Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»	Семестр	
Загальна кількість годин - 90		1 - й	1 - й
Тижневих годин для денної форми навчання:	Освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»	Лекції	
		10	2
		Практичні	
аудиторних – 3 самостійної роботи – 4	Рівень вищої освіти другий (магістерський)	26	8
		Самостійна робота	
		54	80
		Індивідуальне завдання	
		16	16
		Вид контролю	
		залік	залік

Примітка. Співвідношення кількості аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 33,3 % до 66,7 %;  
для заочної форми навчання – 11,1 % до 88,9 %.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** навчальної дисципліни «Нелінійне комп'ютерне моделювання в будівництві»: оволодіння студентами методами моделювання та оцінки поведінки будівель, споруд та конструкцій на протязі життєвого циклу, а також з врахуванням роботи матеріалів з дійсними реологічними властивостями, та із врахуванням змінності систем будівель та поетапності їх зведення.

**Завдання** навчальної дисципліни:

- вивчення методів створення просторових систем;
- вивчення методів визначення та формування нелінійності систем;
- вивчення методів врахування реологічних властивостей матеріалів;



формування систем з врахуванням можливої їх змінності та поетапності зведення;

- вивчення можливостей програмних комплексів для проведення нелінійних розрахунків та нелінійного моделювання.

**Предметом** оволодіння дисципліною є наступні об'єкти:

- нелінійність поведінки конструкцій та будівель;
- реологічні властивості матеріалів;
- життєві цикли будівель та конструкцій;
- методи нелінійного моделювання;
- принципи ідентифікації нелінійного признаку системи;
- методи інтерпретації результатів розрахунків.

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен мати наступні компетенції:

**знати:**

- основні принципи виконання об'ємного моделювання,
- основні характеристики нелінійних кінцевих елементів,
- принципи створення нелінійних навантажень,
- принципи використання фізичної нелінійності,
- принципи створення схем в геометрично-нелінійній постановці
- методи розрахунків з урахуванням поетапності зведення;

**уміти:**

- виконувати моделювання роботи залізобетонних конструкцій в умовах фізично-нелінійної постановки з використанням дійсних реологічних характеристик матеріалів,
- виконувати розрахунки систем при геометрично-нелінійній роботі,
- виконувати розрахунки систем з врахуванням етапності зведення та монтажу;

**володіти:**

- методами нелінійного моделювання,
- методами проведення числових експериментальних досліджень;
- методами проведення розрахунків з використанням розрахункових програмних комплексів.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1

**Тема 1. Об'ємне моделювання.** Формування просторових систем, інтеграція програмних продуктів з передачею розрахункової системи при формуванні BIM моделі. Система дискретизації ділянок, елементів та вузлів



із різним рівнем деталізації. Використання деталізованих та спрощених систем. Рівні геометричного моделювання.

**Тема 2. Бібліотека кінцевих елементів.** Стержневі кінцеві елементи. Пластинчасті кінцеві елементи. Об'ємні кінцеві елементи. Спеціальні одно та багатовузлові кінцеві елементи.

**Тема 3. Фізично-нелінійні розрахунки.** Використання дійсної діаграми деформування матеріалів. Типи законів деформування матеріалів. Таблиця нелінійних навантажень. Використання розрахункового покрокового процесора для оцінки результатів.

## Змістовний модуль 2

**Тема 4. Геометрично-нелінійні розрахунки.** Типи кінцевих елементів для геометрично-нелінійних задач. Використання кінцевого елемента типу Форкопф для геометрично-нелінійних задач. Таблиця нелінійних навантажень при геометричній нелінійності. Оцінка результатів.

**Тема 5. Розрахунок з урахуванням поетапності зведення та монтажу.** Модуль Монтаж та Монтаж+ у ПК Ліра. Таблиці нелінійних навантажень для модуля Монтаж. Оцінка результатів. Використання модуля Варіації моделей.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	усьо- го	у тому числі				усьо- го	у тому числі			
		л	п	інд	с.р.		л	п	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль 1										
Тема 1. Об'ємне моделювання	20	2	8		12	18,5	0,5	2		16
Тема 2. Бібліотека кінцевих елементів	6	2	2		2	8,5	0,5			8
Тема 3. Фізично- нелінійні розрахунки	16	2	6		8	16		2		14
Змістовий модуль 2										
Тема 4. Геометрично-	16	2	6		8	16,5	0,5	2		14

нелінійні розрахунки.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 5. Розрахунок з урахуванням поетапності зведення та монтажу	14	2	4		8	14,5	0,5	2		12
Модуль 2										
ІНДЗ	16				16	16				16
Всього годин	90	10	26		54	90	2	8		80

### 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назви теми	Кількість годи	
		денна форма навчання	Заочна форма навчання
1	Формування просторових систем	2	2
2	Моделювання балки пластинчастими елементами	2	
3	Моделювання балки просторовими елементами	2	
4	Моделювання роботи перехресно- балочної схеми	2	
5	Використання різних типів КЕ	2	
6	Розрахунок просторових систем з фізичною нелінійністю	6	2
7	Розрахунок систем з геометричною нелінійністю	6	2
8	Розрахунок систем з врахуванням поетапності зведення	2	2
9	Розрахунок систем з використанням модулів Монтаж та Монтаж+ ПК Ліра	2	
Всього годин		26	8

### 6. Завдання для самостійної роботи

Самостійна робота студентів включає наступні види навчання:  
оволодіння теоретичним матеріалом, підготовка до практичних занять з





№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
1	Формування просторових систем	2	4
2	Моделювання балки пластинчастими елементами	2	4
3	Моделювання балки просторовими елементами	4	4
4	Моделювання роботи перехресно-балочної схеми	4	4
5	Використання різних типів КЕ	2	8
6	Розрахунок просторових систем з фізичною нелінійністю	8	14
7	Розрахунок систем з геометричною нелінійністю	8	14
8	Розрахунок систем з врахуванням поетапності зведення	4	6
9	Розрахунок систем з використанням модулів Монтаж та Монтаж+ ПК Ліра	4	6
Всього годин		38	64

### 7. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Індивідуальне науково-дослідне завдання (ІНДЗ) має на меті вибрати і обґрунтувати актуальність теми магістерської кваліфікаційної роботи, здійснити інформаційний пошук по темі та скласти список літературних джерел, сформулювати мету та задачі досліджень, розробити програму теоретичних або експериментальних досліджень.

На виконання ІНДЗ програмою відводиться 16 годин, всього на самостійну роботу передбачено 54 годин для студентів очної форми навчання і 80 годин – для заочної форми навчання.

### 8. Методи навчання

Основний теоретичний матеріал дисципліни викладається на лекціях з наведенням прикладів реального виконання науково-дослідних робіт. В якості наочності використовуються мультимедійні засоби навчання, а також плакати і слайди. На практичних заняттях індивідуально вирішуються конкретні питання інформаційного пошуку за вибраною темою, формулювання мети і задач дослідження, розробки програм досліджень. Студенти також виконують аналіз експериментальних досліджень самостійно виконаних або інших авторів. Відбувається



розв'язання ситуаційних задач та колективне обговорення вибраних тем для досліджень.

Робота в інтернеті в процесі інформаційного пошуку.

Обробка експериментальних даних з використанням ПЕОМ.

## 9. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- проведення модульних контрольних робіт після вивчення кожного змістового модуля за білетами або тестами;
- перевірка готовності до практичних занять;
- усне опитування під час проведення практичних занять;
- захист індивідуального науково-дослідного завдання

## 10. Розподіл балів, які отримують студенти

Модуль 1 (М1)					М 2	Сума балів
ЗМ-1			ЗМ-2		ІНДЗ	
T-1	T-2	T-3	T-4	T-5		
20	10	10	10	10	40	100

Примітка . T-1 ... T-5 - теми змістових модулів;

ІНДЗ – індивідуальне науково-дослідне завдання.

## 11. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій на паперових носіях (слайд).
2. Конспект лекцій на електронних носіях.
3. Друкований роздатковий матеріал.

## 12. Рекомендована література.

### Основна

1. Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики – Запорожье: издательство журнала «Світ геотехніки», 2009. - 400 с.
2. А.С.Городецкий, И.Д.Евзеров. Компьютерные модели конструкций (Издание второе дополненное) / Факт – Киев, 2007 – 394 с.
3. С.Ф. Клованич Д.И. Безушко. Метод конечных элементов в нелинейных расчетах пространственных железобетонных конструкций / Одесса: Издательство ОНМУ, 2009.-89с



4. Practitioners' guide to finite element modelling of reinforced concrete structures: State-of-art report/ Task Group 4.4 / General Assembly of Fib, bulletin 45 – Stuttgart: Sprint-Digital-Druck, 2008 – 347 p.

### Допоміжна

1. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Нелінійне комп'ютерне моделювання в будівництві» для студентів заочної форми навчання за спеціальністю «Промислове і цивільне будівництво», НУВГП, 2019 р.
2. Ю.В.Верюжский, В.И.Колчунов, М.С.Барабаш, Ю.В.Гензерский Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций Киев: Книжное издательство Национального авиационного университета., 2006. - 804 с.

### 13. Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> ([http://nuwm.edu.ua/MySQL/page\\_lib.php](http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php)).
2. Електронний репозиторій НУВГП Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua>
3. <http://www.lib.rv.ua/> – Рівненська державна обласна бібліотека.
4. <http://www.library.snu.edu.ua/> – Наукова бібліотека.
5. <http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського.

Розробив

А. Б. Григорчук